

# **ANALISIS PENGARUH PARAMETER PERMEABILITAS SMEAR ZONE TERHADAP PENURUNAN KONSOLIDASI (Studi Kasus di PLTU –Pekanbaru, Riau)**

Ariza

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Riau  
Email : Ariza1989@yahoo.com

Syawal Satibi

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Riau  
Email: Sstibi@yahoo.com

Ferry Fatnanta

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Riau  
Email: fatnanto1964@gmail.com

## **ABSTRACT**

Vertical drain is soil improvement method that aims to reduce the pore water pressure in soft ground so as to accelerate the consolidation process and time reduction in water-saturated soft soil. Tools vertical precast drainage installation (Prefabricated Vertical Drain, PVD) is called a mandrel with a diameter of 60 to 70 cm<sup>2</sup>. Installation PVD disturb the arrangement of soil around the walls of the mandrel, there by reducing the permeability of the soil that can slow down the process of consolidation. This study analyzes the disturb smear zone permeability of consolidation settlement. This research showed the influence of smear zone permeability ( $k_h/k_s$ ) very influence of consolidation settlement.

Keys word : *Vertical drain, Smear zone permeability*

## **PENDAHULUAN**

Proses konsolidasi membutuhkan waktu yang lama antara berminggu-minggu hingga bertahun-tahun, tergantung tebal lapisan tanah lunak dan kemampuan tanah dalam mendisipasi tekanan air pori selama pembebanan berlangsung. Faktor yang sangat penting terhadap proses konsolidasi adalah muka air tanah, permeabilitas tanah, *drain* pada tanah dan beban yang diterima tanah. Kekuatan geser tanah akan meningkat seiring proses konsolidasi sedang berlangsung.

Dewasa ini penggunaan *vertical drain* semakin banyak diminati terutama dengan sistem *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang dapat mengurangi waktu proses konsolidasi tanah secara signifikan dari beberapa tahun ke hitungan bulan saja. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan pada kinerja *vertical drain* diantaranya tentang koefisien konsolidasi horizontal ( $C_h$ ), permeabilitas *smear zone* ( $k_h/k_s$ ) dan luas *smear zone* ( $d_s/d_m$ ) yang diakibatkan oleh instalasi *vertical drain* yang dapat mempengaruhi penurunan konsolidasi pada tanah lunak.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan di atas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu bagaimana pengaruh atau sensitifitas parameter instalasi *prefabricated vertical drain* (PVD) terhadap penurunan konsolidasi pada tanah lunak dengan metode analisis yang sering dipakai dalam praktek. Penelitian ini dilakukan dengan basis studi kasus di PLTU Riau-Pekanbaru.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh permeabilitas *smear zone* terhadap penurunan konsolidasi tanah lunak.

### **Vertical Drains**

Stabilitas tanah dengan menggunakan *vertical drain*, digunakan pada tanah mudah mampat, jenuh air. Penurunan konsolidasi biasanya memakan waktu yang lama, bisa bertahun-tahun untuk jenis tanah lempung yang memiliki permeabilitas kecil. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mempercepat proses konsolidasi yaitu dengan menggunakan *vertical drain*. Dalam praktek, pemasangan *vertical drain* sering diikuti dengan prapembebanan (*preloading*), yaitu dengan cara ketinggian tanah timbunan ditinggikan dari rencana ketinggian timbunan yang disyaratkan, untuk lebih mempercepat konsolidasi.

### **Waktu Penurunan Konsolidasi Alami**

Pada tanah yang tidak dikonsolidasi dengan PVD, pengaliran yang terjadi hanyalah pada arah vertikal saja. Perkiraan waktu konsolidasi di lapangan tanpa PVD berdasarkan

persamaan teori konsolidasi Terzaghi (1942) dapat digunakan persamaan:

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} \quad (1)$$

dimana:

$t$  = waktu konsolidasi alamiah

$T_v$  = faktor waktu, tergantung dari derajat konsolidasi

$H$  = tebal lapisan tanah lunak

$C_v$  = koefisien konsolidasi

### **Waktu Penurunan Konsolidasi dengan Vertical Drain**

Tanah lunak yang distabilisasi dengan *vertical drain* akan memberikan waktu penurunan yang lebih cepat dari pada stabilitas tanah lunak yang tidak di PVD. Ketika tanah lunak di PVD aliran air pori yang akan terjadi yaitu kearah vertikal dan horizontal. Dalam kasus ideal dianggap bahwa pengaruh pemasangan *vertical drain* terhadap permeabilitas tanah dan sifat-sifat konsolidasinya tidak terganggu. Dalam kenyataannya, khususnya zona tanah di dekat dinding mandrel, dan kadang-kadang juga pada jarak lumayan jauh telah terjadi gangguan susunan tanah. Lama waktu penurunan konsolidasi dengan *vertical drain* dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini.

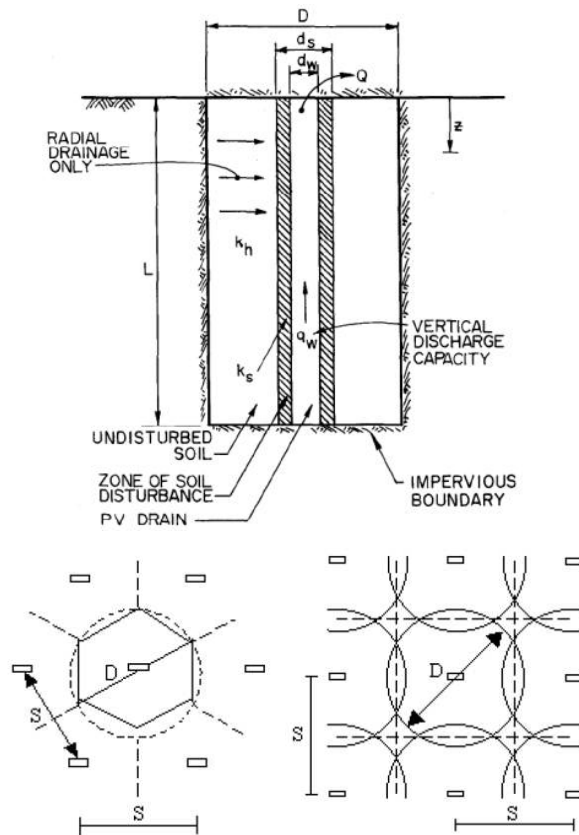
$$t_c = \frac{T_h \cdot D^2}{C_h} \quad (2)$$

$T_h$  = faktor waktu untuk drainase arah radial

$D$  = diameter zona pengaruh satu *drain* (**Gambar 1**)

$C_h$  = koefisien konsolidasi dengan drainase arah radial

$t_c$  = waktu konsolidasi dengan *vertical drain*



Pola segitiga samasisi :  $D = 1,05 S$  Pola bujursangkar :  $D = 1,13 S$

**Gambar 1** Skema dan pola pemasangan *vertical drain*

Pembentukan kembali susunan tanah membuat koefisien konsolidasi radial ( $C_h$ ) menjadi berkurang, yang memperlambat proses konsolidasi. Sehingga solusi yang mungkin dilakukan untuk mengatasi efek *smear zone* akibat instalasi *vertical drain* adalah dengan memperkecil luas penampang mandrel akan tetapi, kekakuan mandrel tetap dipertahankan. Barron (1948) dan Hasbo (1979, 1981) menganalisa besar *smear zone* pada tanah lunak dengan cara mengansumsikan diameter *smear zone* yang mengalami efek *smear* di sekitar drainase (Pasaribu et al. 2012). Beberapa peneliti merekomendasikan besar diameter *smear zone* diantaranya (Sathananthan, 2005) (**Tabel.1**).

Untuk sistem *vertical drain* yang menggunakan *prefabricated vertical drain* (PVD) dan dengan mempertimbangkan pengaruh gangguan tanah, Hansbo (1979) memberikan persamaan yang lebih sederhana sebagai berikut:

$$t_c = \frac{D^2}{8Ch} \{ \ln(F_{(n)} + F_{(s)}) \} \ln \frac{1}{1 - U_h} \quad (3)$$

dengan,

$$F_{(s)} = \left[ \left( \frac{k_h}{k_s} \right) - 1 \right] \ln(s) \quad (4)$$

dimana :

$t_c$  = waktu konsolidasi dengan *vertical drain*

$D$  = diameter zona pengaruh satu *drain* (**Gambar 1**)

$C_h$ = koefisien konsolidasi dengan drainase arah radial	$k_h$ = koefisien permeabilitas horizontal
$F_{(s)}$ = faktor <i>smear zone</i>	$k_s$ = koefisien permeabilitas <i>smear zone</i>
$F_{(n)}$ = faktor jarak <i>vertical drain</i>	$s$ = rasio zona <i>smear</i> ( $d_s/d_m$ )
$U_h$ = derajat konsolidasi arah horizontal	

**Tabel.1** Referensi nilai parameter permeabilitas *smear zone*

Peneliti terdahulu	Rasio permeabilitas <i>smear zone</i>
Indrarnatna dan Redana (1998)	$d_s = (3 - 4)d_m$
Bergado et al. 1996	$k_h/k_s = 5 - 20$
Lu et al. 2011	$k_h/k_s = 1 - 10$

### Penurunan total pada sembarang waktu ( $t$ )

Menurut Carillo (1942) besar derajat konsolidasi gabungan antara vertikal dan horizontal dinyatakan oleh persamaan:

$$U_{vh} = 1 - (1 - U_v)(1 - U_h) \quad (5)$$

dimana:

$U_h$  = derajat konsolidasi arah horizontal

$T_v$  = faktor waktu untuk aliran vertikal

$U_v$  = derajat konsolidasi arah vertikal

$U_{vh}$  = derajat konsolidasi gabungan (vertikal dan horizontal)

Penurunan total pada sembarang waktu ( $t$ ), dinyatakan oleh persamaan:

$$S_t = S_i + US_c \quad (6)$$

dengan:

$S$  = penurunan total saat  $t$  tertentu

$S_i$  = penurunan segera

$U = S_t/S_c$  = derajat penurunan konsolidasi

$S_t$  = penurunan konsolidasi pada saat waktu tertentu

$S_c$  = penurunan konsolidasi primer total

### METODOLOGI PENELITIAN

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan metode studi kasus di lapangan,

dimana data-data yang akan dikelola diperoleh dari hasil pengukuran dilapangan maupun tes di laboratorium yang di lakukan oleh PLTU-Riau (**Gambar 2** dan **Gambar 3**).

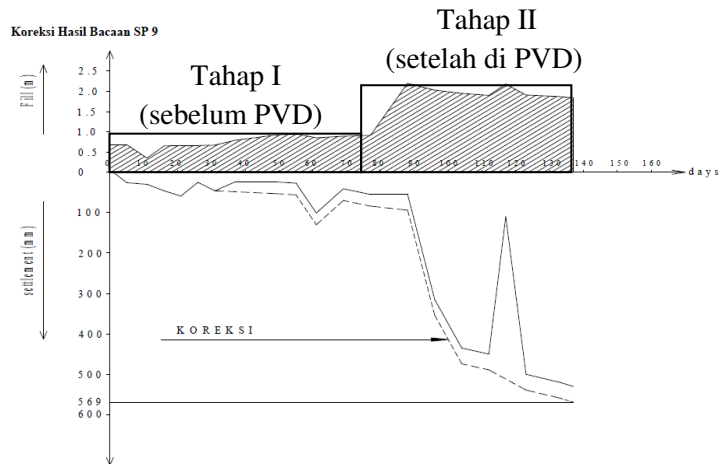
Ada beberapa parameter yang digunakan dalam perhitungan diperoleh dengan melakukan observasi lapisan-lapisan tanah serta korelasi terhadap penurunan konsolidasi aktual di lapangan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis variasi permeabilitas ( $k_h/k_s$ ) terhadap penurunan konsolidasi.

### ANALISIS HASIL PENELITIAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan di paparkan dibawah ini.

#### Hasil Analisis pengaruh variasi permeabilitas terhadap penurunan

Pengaruh permeabilitas *smear zone* terhadap besar penurunan tanah lunak sangat besar pengaruhnya. Permeabilitas *smear zone* diakibatkan oleh pembentukan kembali tanah disekeliling mandrel akibat instalasi *vertical drain*. Semakin besar kerusakan tanah yang diakibatkan pada saat instalasi *vertical drain* maka besar penurunan tanah lunak akan semakin kecil otomatis waktunya akan semakin lama pula.



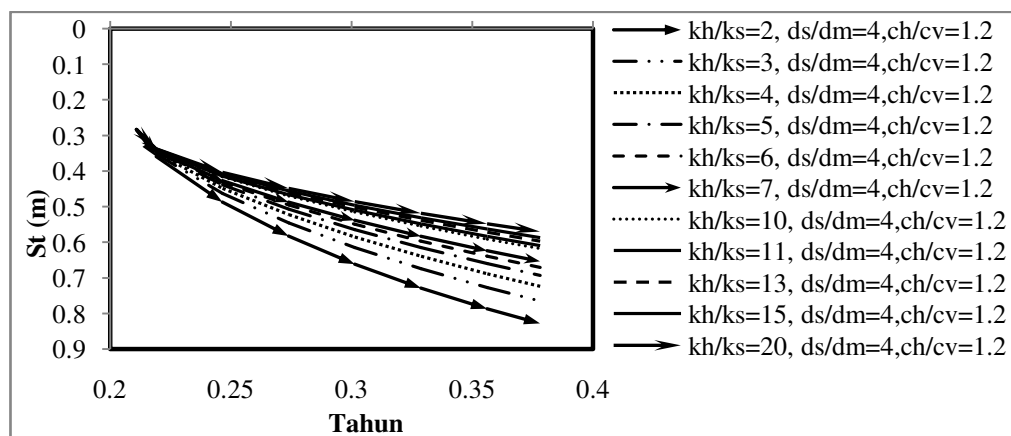
**Gambar 2** Skema pembebanan dan hasil pengukuran *settlement plate* 9

Bore Hole No.	Depth (m)	Void Ratio (e)	Density		Water Content $w_n$ (%)	Atterberg limits			Liquidity Index IL
			$\gamma_m$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )		Liquid Limit (wL)	Plastic Limit (wP)	Plasticity Index (IP)	
CK-38	6.0 - 6.7	3.07	1.37	0.64	113.6	108.50%	41.90%	66.60%	1.08
	11.0 - 11.7	1.13	1.76	1.24	42.0	69.50%	24.20%	45.30%	0.39

Unconfined		Direct Shear		Consolidation			
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$S_t$	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ deg	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	$k$ (cm/s)	$C_c$	$P_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
-	-	0.11	9.2	3.20E-04	8.00E-08	1.06	0.38
-	-	-	-	-	-	-	-

**Gambar. 3** Data tes konsolidasi Bor log CK-38



**Gambar 4** Pengaruh permeabilitas *smear zone* ( $k_h/k_s$ ) terhadap waktu penurunan

Bergado et al. 1996 menyatakan bahwa penurunan tanah akan meningkat ketika permeabilitas *smear zone* nya semakin kecil. Artinya ketergangguan tanah akibat instalasi *vertical drain* semakin kecil

mengakibatkan penurunan tanah semakin cepat. Sedangkan dalam perhitungan secara teoritis pernyataan tersebut benar adanya (**Gambar 4**).

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar permeabilitas *smear zone* yang terganggu maka derajat konsolidasi total yang terjadi di lapangan akan semakin kecil. Besar derajat konsolidasi total ini sebanding dengan besar nilai penurunan yang terjadi di lapangan dengan waktu tertentu. Sehingga jika penurunan yang terjadi semakin besar maka nilai derajat konsolidasi total juga akan semakin besar.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar pengaruh permeabilitas *smear zone* akibat instalasi *vertical drain* maka penurunan yang terjadi pada tanah lunak semakin lama.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bergado, D.T., Anderson, L.R., Miura, N. & Balasubramaniam. A. S. 1996. *Soft Ground Improvement. American Society of Civil Engineers*
- Hardiyatmo, H.C. 2008. Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya Perencanaan dan Aplikasi edisi pertama. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Indraratna, B dan Chu, J. 2005. *Ground Improvement – Case Histories. Geo – Engineering Book Series Editor : University of London, UK.*
- Indraratna, B. 2003. *Modelling of prefabricated vertical drains in soft clay and evaluation of their effectiveness in practice. Collection Reasearch Online. Australia: University of Wollongong.*
- Pasaribu, H. T, dan Iskandar, R. 2012. Analisa Penurunan pada Tanah Lunak akibat Timbunan (Studi Kasus Runway Bandara Medan Baru). Universitas Sumatra Utara. Medan
- Rixner,J.J., K. S.R. dan A.D. Smith (1986). *Prefabricated Vertical Drains, Vol. I : summary of Research Report-Final Report. Washington D.C, Federal Hihway Admin.*
- Sathananthan, I. 2005. *Modelling of Vertical Drain with Smear Installed in Soft Clay. Thesis Collection Reasearch Online. Australia: University of Wollongong*